

08/960224

Filed 10/29/97
 Q46916 #2
 10/22

日本国特許庁
 PATENT OFFICE
 JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
 いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
 with this Office.

出願年月日
 Date of Application: 1997年 2月13日

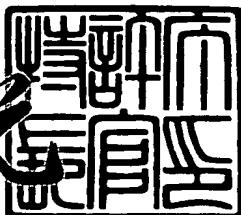
出願番号
 Application Number: 平成 9年特許願第029032号

出願人
 Applicant(s): 日本電気株式会社

1997年 5月 9日

特許庁長官
 Commissioner,
 Patent Office

荒井寿之



【書類名】 特許願
 【整理番号】 34802628
 【提出日】 平成 9年 2月13日
 【あて先】 特許庁長官 殿
 【国際特許分類】 G09F 9/35
 【発明の名称】 アクティブマトリクス液晶表示パネル
 【請求項の数】 6
 【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
 【氏名】 西田 真一
 【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
 【氏名】 鈴木 照晃
 【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
 【氏名】 鈴木 成嘉
 【特許出願人】
 【識別番号】 000004237
 【氏名又は名称】 日本電気株式会社
 【代表者】 金子 尚志
 【代理人】
 【識別番号】 100070219
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 若林 忠
 【電話番号】 03-3585-1882
 【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 015129
 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9114449

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 アクティブマトリクス液晶表示パネル

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一対の透明絶縁性基板のうちの一方に、互いに交差して格子状をなすように配設された複数の走査線および複数の信号線と、前記走査線と前記信号線の各交点近傍にそれぞれ設けられた複数の能動素子と、前記能動素子に接続された複数の画素電極と、前記各画素電極に対応して配設され前記画素電極との間に電圧が印加される複数の対向電極とが設けられており、前記一方の透明絶縁性基板と他方の透明絶縁性基板との間に液晶層が設けられ、前記両透明絶縁性基板の外側に偏光板がそれぞれ配設され、前記液晶層に実質的に平行な電界によって制御される液晶表示パネルにおいて、

一軸方向に負の屈折率異方性を持ち、異方軸の基板面への投影が前記 2 枚の偏光板の偏光軸のうちの少なくとも一方と平行である光学補償層が、少なくとも一方の前記透明絶縁性基板と前記偏光板との間に設けられていることを特徴とするアクティブマトリクス液晶表示パネル。

【請求項 2】 前記画素電極と前記対向電極との間の電圧が 0 のときに前記液晶層内の各液晶分子のダイレクタが前記液晶層面に対してなす角が実質的に均一であり、前記光学補償層の屈折率異方軸が前記ダイレクタと実質的に平行であることを特徴とする請求項 1 に記載のアクティブマトリクス液晶表示パネル。

【請求項 3】 前記液晶層の屈折率異方性 Δn_{LC} と層厚 d_{LC} との積 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ と、前記光学補償層の屈折率異方性 Δn_F と層厚 d_F との積 $\Delta n_F \cdot d_F$ とが実質的に等しいことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のアクティブマトリクス液晶表示パネル。

【請求項 4】 前記液晶層の常光に対する屈折率 n_{L0} と、光学補償層の常光に対する屈折率 n_{F0} が実質的に等しいことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のアクティブマトリクス液晶表示パネル。

【請求項 5】 前記画素電極と前記対向電極との間の電位差が 0 のときに全ての前記液晶分子のダイレクタの前記液晶層面への投影が実質的に平行であり、かつ前記光学補償層の屈折率異方軸の前記液晶層面への投影が前記ダイレクタの

前記液晶層面への投影と平行であり、

前記光学補償層の屈折率異方軸の前記液晶層面に対する角度を θ_F 、前記液晶層と前記絶縁性基板との界面において前記ダイレクタと前記液晶層面とのなす角を θ_1 、 θ_2 ($\theta_1 \neq \theta_2$) とすると、 $\theta_1 < \theta_F < \theta_2$ または $\theta_2 < \theta_F < \theta_1$ であり、前記光学補償層の屈折率異方軸は前記液晶層内の少なくとも一つの液晶分子のダイレクタと平行であることを特徴とする請求項1に記載のアクティブマトリクス液晶表示パネル。

【請求項6】 前記画素電極と前記対向電極との間の電位差が0のときに全ての前記液晶分子のダイレクタの前記液晶層面への投影が実質的に平行であり、かつ前記光学補償層の屈折率異方軸の前記液晶層面への投影が前記ダイレクタの前記液晶層面への投影と平行であり、

前記光学補償層の屈折率異方軸の前記液晶層面に対する角度を θ_F 、前記液晶層と前記絶縁性基板との界面において前記ダイレクタと前記液晶層面とのなす角を θ_1 、 θ_2 ($\theta_1 \neq \theta_2$) とすると、常に $\theta_1 < \theta_F < \theta_2$ または常に $\theta_2 < \theta_F < \theta_1$ であり、前記角度 θ_F は、前記ダイレクタの前記液晶層の層厚方向の変化に対応して、前記光学補償層の層厚方向に変化していることを特徴とする請求項1に記載のアクティブマトリクス液晶表示パネル。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、透明基板で液晶を挟んだ構造のアクティブマトリクス液晶表示パネルに関する。

【0002】

【従来の技術】

画素のスイッチング素子（能動素子）として薄膜電界効果型トランジスタ（以下「TFT」と記す）を有するアクティブマトリクス液晶表示パネルは、高品位の画質が得られるため、携帯型コンピュータの表示デバイスあるいは最近では省スペースタイプのデスクトップコンピュータのモニターなどとして幅広く用いられている。

【0003】

近年、液晶表示のさらなる高画質化を目的として、視野角特性を向上させるために、横方向電界を利用したいわゆるインプレインスイッチングモード（以下「IPS」と記す）と呼ばれる方式を採用したアクティブマトリクス液晶表示パネルが提案されている。その一例が、1995年10月16日～18日開催の「アジアディスプレイ'95」にて発表され、その予稿集に記載の論文「Principles and Characteristics of Electro-Optical Behaviour with In-Plane Switching Mode」に開示されている。この液晶パネルは、図11に示すように、液晶層をはさむ一対の基板40のうちの一方に、互いに平行な線状の画素電極41および対向電極42が形成され、他方の基板には電極が形成されない構成である。そして、両基板のそれぞれの外側に偏光板43、44が配設され、両偏光板43、44の偏光軸45、46は互いに直交している。すなわち、両偏光板43、44はクロスニコルの位置関係にある。画素電極41と対向電極42との間に電圧が印加されて、液晶層面に平行な横方向電界47が生じることにより、液晶分子のダイレクタの向きが初期配向方向48から変化し、これによって透過光が制御されるものである。

【0004】

ツイストドネマティックモード（以下「TN」と記す）の場合には、液晶分子が液晶層面から3次元的に立ち上がるるので、立ち上がった液晶分子のダイレクタに平行な方向から見たときと、液晶層の法線方向から見たときとで、見え方が変わってくる。そして、液晶表示パネルを斜め方向から見た場合に、印加電圧と透過光量との関係が大きく異なってしまうという問題がある。具体的には、電圧－透過率特性を図12に例示しているように、TNモードの液晶表示パネルを正面から見た場合には、印加電圧が2Vくらいからは電圧が高くなるにつれて透過率が低くなる単調な減少曲線となっているのに対して、斜めから見た場合には、印加電圧の増大とともに透過率が一旦低下し電圧2Vくらいで透過率が0になった後、電圧が高くなるにつれて再び透過率が高くなり、電圧が3Vを越えるあたりから透過率が低くなるというように、極値をもった複雑な曲線となる。したがって、正面から見た場合の電圧－透過率特性に基づいて駆動電圧を設定する

と、斜めから見た場合に、白表示部が黒くつぶれたり、黒表示部が白っぽくなるなど、階調反転が生じる恐れがある。結局、通常はTNモードの液晶表示パネルの左右40度、上15度、下5度くらいの視野角の範囲でのみ表示が正しく視認され、使用可能である。もちろん、液晶表示パネルの設置方法によって上下左右の方向は変更可能である。

【0005】

これに対し、IPS方式の場合は、液晶分子が液晶層面にほぼ平行な向きにのみ（2次元的に）動くので、TN方式に比べて、広い視角から見て、ほぼ同様な画像を得ることができるという利点がある。具体的には、上下左右40度くらいの視野角の範囲で使用可能である。

【0006】

このIPS方式として、液晶層の初期配向状態と偏光板の設定の仕方により、様々な構成の液晶表示パネルが提案されている。前記した図11の例では、液晶層が両基板で同一方向に界面配向処理が施され、2枚の偏光板のうちの片方の偏光軸が配向方向と平行である。この液晶表示パネルは、初期配向状態において液晶分子のダイレクタが界面配向処理方向に均一に配向されて、電圧無印加時に黒を表示し、電圧印加時にダイレクタを回転させて白を表示することにより、安定した黒表示が可能である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

上記の通り、横方向電界を利用するIPS方式のアクティブマトリクス液晶表示パネルは、従来のTN方式に比べると広い視野角において良好な表示特性が得られる。しかし、このIPS方式のアクティブマトリクス液晶表示パネルも、見る角度によっては階調反転が生ずる場合がある。このように階調反転が発生すると、例えば人間の髪の毛のように黒を中心とした画像を表示すると、斜めから見た場合に良好な画像が得られないという問題がある。

【0008】

この問題について以下に詳細に説明する。まず、液晶層を省略しクロスニコルの位置関係にある2枚の偏光板のみを配設した場合の透過率について説明する。

なお、偏光板のうち、光の入射する側に配置されるものが偏光子、出射する側に配置されるものが検光子である。

【0009】

図13には、偏光子の吸収軸方向の単位ベクトルが e_1 、検光子の吸収軸方向の単位ベクトルが e_2 、基板法線方向の単位ベクトルが e_3 と表されている。これらの単位ベクトルは互いに直交する。偏光子透過時の光線の方向の単位ベクトルは k と表されている。ベクトル k と基板法線との間の角を天頂角 α 、ベクトル k の基板面への投影とベクトル e_1 との間の角を方位角 ϕ と表すと、ベクトル k は

$$k = \sin \alpha \cos \phi \cdot e_1 + \sin \alpha \sin \phi \cdot e_2 + \cos \alpha \cdot e_3 \dots (1)$$

と表される。

【0010】

偏光子を通過する際の光は、 $(e_1 \times k)$ 方向の偏光成分と、 $((e_1 \times k) \times k)$ 方向の偏光成分とに分けて考えられる。なお、ベクトル間の「 \times 」はベクトル積を表すものとする。前者は吸収軸 e_1 に垂直であるので、理論的には吸収されない。これに対して、後者は偏光子に吸収される。偏光子の吸収係数と膜厚との積が十分大きいとすると、偏光子透過後、後者の偏光成分は0になる。

【0011】

2枚の偏光板（偏光子と検光子）の屈折率はほぼ等しく、検光子を通過する際の光線の方向が k に等しいので、検光子を通過する際、光は $(e_2 \times k)$ 方向の偏光成分と、 $((e_2 \times k) \times k)$ 方向の偏光成分に分かれる。後者の偏光成分は、検光子透過後ほぼ完全に吸収され、前者の偏光成分だけが残る。従って、ガラスの表面での反射等の影響を無視すると、透過率 T は、

【0012】

【数1】

$$T = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{e_1 \times k}{|e_1 \times k|} + \frac{e_2 \times k}{|e_2 \times k|} \right\}^2 \dots (2)$$

と表される。

【0013】

これを α 、 ϕ を用いて表すと、

【0014】

【数2】

$$T = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sin^4 \alpha \cdot \sin^2 \phi \cdot \cos^2 \phi}{\sin^4 \alpha \cdot \sin^2 \phi \cdot \cos^2 \phi + \cos^2 \alpha} \quad \dots (3)$$

となる。

【0015】

方位角 ϕ が0度または90度の場合のように、どちらかの偏光板の吸収軸の向きと等しい方位角から光が入射する場合、(2)式より透過率 T は0となる。すなわち、正面から光が入射する場合と同様に、クロスニコルの位置にある偏光板の働きにより、光が透過しない。

【0016】

これに対して、方位角 $\phi = 45$ 度の場合、つまり方位角 ϕ が両偏光板の吸収軸の各々と45度をなす場合には、天頂角 α が大きくなるに従って透過率が大きくなる。偏光子の屈折率を1.5とすると空気の屈折率はほぼ1であるので、 $\sin \alpha$ の最大値は $1/1.5$ 程度である。これを、(3)式に代入してそのまま計算すると、透過率が7%程度になる。実際には、偏光板と空気との屈折率差によって界面で反射が起こるので、これを見込んでシミュレーションを行うと、空气中での光線の基板法線からの傾き角（天頂角） α と透過率との間の関係は図14の曲線1のようになる。

【0017】

次に、有電率異方性が正であり $n_0 = 1.45$ 、 $\Delta n = 0.067$ なる屈折率異方性を有する液晶が、2枚の偏光板の間に、ダイレクタが検光子の吸収軸と同じ方向（ $\alpha = 90$ 度、 $\phi = 0$ 度）に配向されるように狭持された場合について説明する。偏光子を透過した光は、液晶中では偏光子中の光線方向とはやや異なる方向に進む。その結果、偏光子を透過する際にそろえられた直線偏光は、液晶を

透過した後には橢円偏光となるので、液晶がない場合とは透過率が異なる。方位角 $\phi = 45$ 度の方向から光が入射する場合の天頂角 α と透過率との関係が、図 14 の曲線 2 で示されている。この場合、クロスニコルの偏光板のみを配設して液晶層が存在しない場合（曲線 1）と比較して、透過率がやや大きくなる。

【0018】

基板界面で、液晶ダイレクタは基板面に完全に平行にはならず、基板面に対し通常 1～10 度程度立ち上がっている。この角度がプレティルト角である。通常は、液晶をより安定に配向させるために、両方の界面付近で液晶分子同士の配向方向が互いに平行となるようにラビング等の界面配向処理が行なわれるので、各液晶分子はほぼすべての領域で基板面に対して一定の角度で傾いている。工業用の安定性の高い配向膜を用いた場合、一般的にはこのプレティルト角はほぼ 3 度程度になる。

【0019】

プレティルト角が 3 度で方位角 $\phi = 45$ 度方向から光を入射させた場合の天頂角 α と透過率との関係は、図 14 の曲線 3 で示される。そして、プレティルト角が -3 度で方位角 $\phi = 45$ 度方向から光を入射させた場合の天頂角 α と透過率との関係は、図 14 の曲線 4 で示される。なお、ベクトル e_1 と同じ向きに液晶が立ち上がる場合のプレティルト角を正とし、ベクトル e_1 と反対向きに液晶が立ち上がる場合のプレティルト角を負としている。特にベクトル e_1 と同じ向きに液晶が立ち上がる場合（プレティルト角が正の場合）、透過率は偏光板のみの場合（液晶が存在しない場合）に比べて、2 倍程度大きくなっている。

【0020】

以上の通り図 14 の曲線 1～4 は、液晶に電界を印加しない黒表示の状態を比較しているので、透過率が低いほど望ましいが、曲線 3 は曲線 1、2、4 と比較して透過率が非常に大きくなっている。そこで、曲線 3 のケース、すなわちプレティルト角 3 度の場合について、さらに詳細に説明する。

【0021】

液晶に電界を印加しない場合は前記の通りであるが、液晶に横方向電界を印加してダイレクタを液晶層面内にて回転させると、透過率が増大する。計算上のシ

ミュレーションを行うと、画素電極と共通電極との間の電位差が3 Vの場合の透過率が2.4%程度、電位差が3.5 Vの場合の透過率が6.3%程度となる。図15は、プレティルト角3度、方位角 $\phi = 45$ 度で、天頂角 α を変化させた時の透過率変化の計算結果をプロットしたグラフである。電界無印加($V = 0$ V)の場合は前記図14の曲線3と同じである。電界を印加する場合、天頂角 α が増大するに伴い透過率が減少し、 $V = 3.0$ Vの曲線では天頂角 $\alpha = 37$ 度付近で、また $V = 3.5$ Vの曲線では天頂角 $\alpha = 50$ 度付近で、電界無印加(初期配向状態時)の $V = 0$ Vの曲線と交差し、透過率および輝度が逆転するという結果が得られる。すなわち、電位差3.0 Vの場合、天頂角 α が37度より小さいときは電圧印加された部分が電圧無印加の部分よりも透過率が高いのに、天頂角 α が37度より大きくなると電圧印加部が無印加部よりも透過率が低くなる。従って、天頂角 α が37度を越えると、電圧印加部が黒っぽく、無印加部が白っぽくなり、通常とは白黒表示が反対になるいわゆる階調反転が生じる。なお、天頂角 $\alpha = 37$ 度付近では電圧印加部と無印加部との透過率があまり変わらないので、コントラストが小さく表示が見にくい。同様に、電位差3.5 Vの場合、天頂角 α が50度前後で電圧印加部と電圧無印加部との透過率が逆転して白黒表示が反対になる階調反転が生じる。

【0022】

以上説明した階調反転の現象は、実際のデバイスでも観察されており、液晶のプレティルト角と偏光板の吸収軸の方向との関係にもよるが、見る方向によっては40度程度の角度から見た場合に階調反転を生ずることがある。

【0023】

このように、横方向電界を用いて構成したIPS方式のアクティブマトリクス液晶表示パネルは、従来のTN方式に比べてより広い視野角において良好な表示特性が得られるものの、見る方向によっては階調反転を生じ、特に黒色の多い表示を斜めから見る場合に良好な画像が得られないという問題がある。

【0024】

前述したように、クロスニコルの位置関係にある2枚の偏光板の偏光軸に対し、例えば45度をなす方向から基板を斜めに見た場合、電圧を印加していない

部分で、一方の偏光板からの透過光が他方の偏光板でも完全には吸収されないという現象が発生するために白浮き現象が発生する。さらに、液晶表示パネルは2枚の偏光板の間に屈折率異方性を有する液晶が挟まれるため、一方の偏光板を抜けた光（直線偏光）が複屈折を受けて橢円偏光となって他方の偏光板に入射するので、白浮きの度合いが一定ではない。通常の横方向電界を用いた液晶表示のように、液晶のダイレクタの基板面への投影を一方の偏光板の偏光軸と平行にして、基板面に対し一定のプレティルト角をなすように配向させた場合、図14に示すように、液晶の立ち上がりの方向によっては、白浮きの強度が非常に大きくなってしまう。このように白浮きが強められた結果、図15に示すように低い天頂角で階調反転を生じてしまうことがある。

【0025】

そこで本発明の目的は、横方向電界表示の持つ良好な視野角特性を失うことなく、黒表示部が白っぽくなることを抑制し、より広い視角範囲内で階調反転を起こさず良好な表示特性を有するアクティブマトリクス液晶表示パネルを提供することにある。

【0026】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明のアクティブマトリクス液晶表示パネルは、一対の透明絶縁性基板のうちの一方に、互いに交差して格子状をなすように配設された複数の走査線および複数の信号線と、走査線と信号線の各交点近傍にそれぞれ設けられた複数の能動素子と、能動素子に接続された複数の画素電極と、各画素電極に対応して配設され画素電極との間に電圧が印加される複数の対向電極とが設けられており、一方の透明絶縁性基板と他方の透明絶縁性基板との間に液晶層が設けられ、両透明絶縁性基板の外側に偏光板がそれぞれ配設され、液晶層に実質的に平行な電界によって制御される液晶表示パネルにおいて、一軸方向に負の屈折率異方性を持ち、異方軸の基板面への投影が2枚の偏光板の偏光軸のうちの少なくとも一方と平行である光学補償層が、少なくとも一方の透明絶縁性基板と偏光板との間に設けられていることを特徴とする。

【0027】

画素電極と対向電極との間の電圧が0のときに液晶層内の各液晶分子のダイレクタが液晶層面に対してなす角を実質的に均一とし、光学補償層の屈折率異方軸をダイレクタと実質的に平行とすると、光学補償層による補償の精度が向上する。

【0028】

液晶層の屈折率異方性 Δn_{LC} と層厚 d_{LC} との積 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ と、光学補償層の屈折率異方性 Δn_F と層厚 d_F との積 $\Delta n_F \cdot d_F$ とを実質的に等しくすると、補償精度をさらに向上できる。

【0029】

さらに、液晶層の常光に対する屈折率 n_{L0} と、光学補償層の常光に対する屈折率 n_{F0} とを実質的に等しくすることにより、補償の程度をより向上させることができる。

【0030】

また、画素電極と対向電極との間の電位差が0のときに全ての液晶分子のダイレクタの液晶層面への投影が実質的に平行であり、かつ光学補償層の屈折率異方軸の液晶層面への投影もダイレクタの液晶層面への投影と平行になるようにし、光学補償層の屈折率異方軸の液晶層面に対する角度を θ_F 、液晶層と絶縁性基板との界面においてダイレクタと液晶層面とのなす角を θ_1 、 θ_2 ($\theta_1 \neq \theta_2$) とすると、 $\theta_1 < \theta_F < \theta_2$ または $\theta_2 < \theta_F < \theta_1$ であり、光学補償層の屈折率異方軸を液晶層内の少なくとも一つの液晶分子のダイレクタと平行になる構成とすることが好ましい。

【0031】

さらに、画素電極と対向電極との間の電位差が0のときに全ての液晶分子のダイレクタの液晶層面への投影が実質的に平行であり、かつ光学補償層の屈折率異方軸の液晶層面への投影も、ダイレクタの液晶層面への投影と平行になるようにし、光学補償層の屈折率異方軸の液晶層面に対する角度を θ_F 、液晶層と絶縁性基板との界面においてダイレクタと液晶層面とのなす角を θ_1 、 θ_2 ($\theta_1 \neq \theta_2$) とすると、常に $\theta_1 < \theta_F < \theta_2$ または常に $\theta_2 < \theta_F < \theta_1$ であり、角度 θ_F を、ダイレクタの液晶層の層厚方向の変化に対応して、光学補償層の層厚方向に変化さ

せることがより好ましい。

【0032】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0033】

図1は本発明のアクティブマトリクス液晶表示パネルの第1の実施形態の主要部を示す断面図、図2はそのアクティブマトリクス基板Aの平面図である。このIPS方式のアクティブマトリクス基板A（本実施形態では入射側）について説明する。ガラス基板（透明絶縁性基板）6上に、対向電極バスライン12で接続された複数の対向電極2と、走査線14とが形成され、その上を覆うようにゲート絶縁膜9が形成されている。さらにその上に、能動素子である薄膜トランジスタ（以下「TFT」と記す。）の一部をなす島状非晶質シリコン13と、画素を構成する複数の画素電極3と、信号線1とが形成されており、各画素電極3および信号線1は対向電極2と平行である。そして、保護絶縁膜8および配向膜11が積層形成されている。TFTのソース電極は画素電極3に、ドレイン電極は信号線1に接続され、走査線14がTFTのゲート電極となっている。このようにして、TFTを有するIPS方式のアクティブマトリクス基板Aが形成される。なお、製造方法の詳細については後述する。

【0034】

カラーフィルター基板C（本実施形態では出射側）は、ガラス基板（透明絶縁性基板）6の一方の面に、アクティブマトリクス基板A側と同じ配向膜26が設けられ、他方の面に、プラスチック製フィルムからなる光学補償層5が設けられている。

【0035】

このアクティブマトリクス基板Aとカラーフィルター基板Cとは互いに配向膜同士が対向するように配置され、両基板の外側に偏光板が配設され、両基板の配向膜11間には正の屈折率異方性を有する液晶層7が設けられている。なお、入射側の偏光板が偏光子10、出射側の偏光板が検光子4である。

【0036】

図3は、偏光子の偏光方向18、検光子の偏光方向16、液晶分子のダイレクタ方向21、光学補償層の屈折率異方軸の方向17、基板法線19、電極の長手方向20、および電界の方向22の関係を示したものである。基板法線19と電極の長手方向20と電界の方向22とは互いに直交している。図3で点線は、偏光子の偏光方向18を示したものであり、基板面23に平行であり、電極の長手方向20と一定の角度をなす。検光子の偏光方向16は、偏光子の偏光方向18に対し垂直である。

【0037】

液晶分子は、配向膜4、11によって均一に配向されており、そのダイレクタ(長手方向)21は基板面23に対し一定の角度(プレティルト角)で傾いている。このプレティルト角は、通常1~10度程度である。液晶分子のダイレクタ21の基板面23への投影は偏光子の偏光方向18に平行であり、光学補償層の屈折率異方軸17はダイレクタ21に平行である。検光子の偏光方向16は、偏光子の偏光方向18に垂直で、基板面23に平行である。

【0038】

一般的な横方向電界型のアクティブマトリクス液晶表示パネルの例として、次の理論に基づいて制御されるものがある。すなわち、画素電極と対向電極との間の電位差が0の場合(電界が印加されない場合)には偏光子および検光子によって光が吸収され黒表示となり、電界を印加するとダイレクタが回転していき、電位差を増加させるにつれてさらにダイレクタ21が回転し、液晶層を通過した光線の中に、検光子によって吸収されない成分が増大し、透過率が上昇して白表示となり、約45度回転した時に透過率(輝度)が最大になる。

【0039】

ところが、従来はこの理論に基づいて制御しても表示が見にくくなる場合があった。前述の通り、基板を斜めに見た場合、偏光子10を透過した後の直線偏光は、液晶層7を通過する際にリターデーションを生じ橙円偏光となることが主な原因となって、電界を加えておらず液晶分子が回転していない状態でも、検光子4によって吸収し得ない偏光成分を含んだまま光は液晶層7から検光子4に入射する場合がある。プレティルト角の方向と光線方向との関係を考慮した詳細な数

値計算の結果によると、方向24（図3参照）から見た場合、液晶層7がなくクロスニコルの偏光板のみを同じ方向24から見た場合に比べて透過率は非常に増大する。すなわち、黒表示を行うべきところが白っぽく見えてしまい、表示品位が悪くなる。

【0040】

そこで、本発明では光学補償層5が設けられている。本実施形態では、負の一軸屈折率異方性を有する光学補償層5がガラス基板6と検光子4との間に設けられ、図3に示すように、その屈折率異方軸17は液晶のダイレクタ21と平行で、液晶層7中の光学的主軸と光学補償層5中の光学的主軸とがほぼ同一方向になっている。液晶層7を通過する際にはリターデーションにより偏光面のゆがみを生じるが、このゆがめられた偏光面が光学補償層5により補償され、光の偏光状態は偏光子10を透過した直後の偏光状態（直線偏光）に近づく。そして、光は光学補償層5を通過した後、検光子4により吸収され黒表示が行われる。このように本発明は、黒表示時に液晶層7で発生するリターデーションを光線の入射方向によらず光学補償層5でキャンセルすることによって、黒表示中の白浮きを抑止するという効果があり、しかもそれ以外の視角特性にほとんど影響を与えない。従って、非常に広い視野角特性を有する液晶表示パネルが得られる。

【0041】

前記の通り、光学補償層5の光学軸（屈折率異方軸）の方向17は、液晶層7の光学軸の方向（ダイレクタの方向）21と同一であるため、どのような角度で光が入射しても、液晶層7を通過する際と光学補償層5を通過する際とで光学的主軸がほぼ同一となり、正の屈折率異方性を有する液晶層7と負の屈折率異方性を有する光学補償層5とを効果的にキャンセルさせることができる。また、この方向に屈折率異方軸を有する光学補償層5が存在しても、正面から見た透過率は全く変化を受けず、黒レベル以外の白および中間調の視角特性もほとんど変化を受けることがない。従って、効率よく黒表示の白浮きを防止することができ、階調反転を抑止し、さらに良好な視野角特性を得ることができる。

【0042】

液晶層7を通過する際に受ける偏光面のゆがみは、光学的主軸の間の屈折率差

と光路長との積に比例したリターデーションからなる。このゆがみを補正するためには、光学補償層5で反対向きのリターデーションを加えてやればよい。液晶層7と光学的補償層5の常光に対する屈折率が同程度であると、各々の層厚と光路長の比はほぼ等しい。また、屈折率の異方軸が共通で、光線通過に伴う主軸もほぼ同一であるので、光学的主軸の間の屈折率差と各々の層の屈折率異方性もまた比例する。以上のことから、液晶層7の屈折率異方性 Δn_{LC} と液晶層厚 d_{LC} との積 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ と、光学補償層5の屈折率異方性 Δn_F と層厚 d_F との積 $\Delta n_F \cdot d_F$ とを実質的に一致させることにより、ほぼ完全に液晶層で発生する偏光面のゆがみ（リターデーション）を光学補償層で補正することができるので、白浮きを、クロスニコルのみの場合とほぼ等しいレベルに抑えることができる。

【0043】

なお、前記説明の通り、より完全な補償を行う場合には、液晶層7の常光に対する屈折率と光学補償層5の常光に対する屈折率を一致させることが望ましい。両者の屈折率が異なっている場合は、各々の層を通過する際に光線の方向が微妙に異なってくるので、光学的主軸の方向および主軸に対する屈折率差および光路長が微妙に異なってくるので、完全な補償が行われない。しかし、両者の屈折率を一致させると光学的主軸が完全に一致し、液晶層7と光学補償層5とのリターデーションの補償をより完全に行うことができる。

【0044】

実際にこのアクティブマトリクス液晶表示パネルを、図3に示すように偏光子の偏光軸18の方向を基準とした方位角45度の方向から基板を見た場合における、天頂角25と透過率との関係が図4に示されている。光学補償層5がない場合、図15に示すように35度程度の低い天頂角25で透過率が反転していたのが、光学補償層5を導入したことにより、図4に示すように透過率が反転する天頂角25を10度以上高い領域に追い込むことができ、透過率反転が生じた場合の輝度もかなり低く抑えることができる。

【0045】

また、光学補償層5がない場合に斜め方向から見たときの電界印加部の白輝度の低下を図5に、光学補償層5が設けられた前記構成の液晶表示パネルを斜め方

向から見たときの電界印加部の白輝度の低下を図6に、それぞれ示している。これによると、光学補償層5が設けられた液晶表示パネルの方が、光学補償層が設けられていないパネルよりも、白輝度の低下が低く抑えられており、黒表示部および白表示部のいずれも、光学補償層5の働きにより表示品位の低下が抑えられていることがわかる。

【0046】

このような構成の液晶表示パネルの作製方法の一例について詳細に説明する。

【0047】

まず、最初にアクティブマトリクス基板Aの製造方法について述べる。

【0048】

透明ガラス基板上に、走査線14および対向電極2および対向電極バスライン12となる金属層としてCr膜が150nm積層され、パターニングされる。さらにゲート絶縁膜9として、窒化シリコン膜が400nmの厚さに、ノンドープ非晶質シリコン膜が350nmの厚さに、n型非晶質シリコン膜が30nmの厚さに、それぞれ順番に積層される。しかる後に、n型非晶質シリコン層とノンドープ非晶質シリコン層とがパターン形成されて島状非晶質シリコン13が形成される。しかる後に、信号線1および画素電極3となる金属層として、Cr膜が150nm層積され、パターニングされる。さらに、保護絶縁膜8が形成され、周辺端子部においてこれを除去することによりTFTが完成する。

【0049】

以上のようにして作製したアクティブマトリクス基板Aと、カラーフィルター基板Cには、配向膜11、26がそれぞれ塗布される。アクティブマトリクス基板側の配向膜11は図1の15の方向にラビングされ、カラーフィルター基板側の配向膜26は図1の15の逆方向にラビング処理される。両配向膜11が対向するように両基板が配置され、外周部がシール材（図示せず）で互いに固定された後、両配向膜間の隙間に液晶が注入され封止されることにより液晶層7が設けられる。なお、配向膜11、26によって、液晶ダイレクタ21は液晶層7内でほぼ一定の方向に配向される。本実施形態における液晶ダイレクタ21と基板面23との間のプレティルト角は3度である。注入した液晶の常光に対する屈折率

は $n_0 = 1.476$ 、屈折率異方性は $\Delta n = 0.067$ で、白表示の輝度および色再現性を最適化するため、セルギャップは $4.5 \mu m$ とした。

【0050】

さらに、光学補償層 5 であるプラスチック製のフィルムが、カラーフィルター基板の外側に貼付される。光学補償層 5 は、負の一軸屈折率異方性を有するもので、屈折率異方軸は液晶ダイレクタ 21 の初期配向方向に平行、すなわち基板面に対し 3 度をなす方向とした。光学補償層の屈折率異方性 Δn_F と層厚 d_F との積 $\Delta n_F \cdot d_F$ は、液晶層の屈折率異方性と層厚の積に等しくさせ、 $302 nm$ とした。

【0051】

このアクティブマトリクス基板 A とカラーフィルター基板 C を挟む形で、2 枚の偏光板が貼付される。この時、偏光子（入射側偏光板）10 の偏光軸 18 はラビング方向 15 に平行に、検光子（出射側偏光板）4 の偏光軸はこれに垂直な方向にしてある。

【0052】

このようにして製造した液晶表示パネルを実際に駆動してみたところ、従来より広い視角範囲で黒レベルが安定して、階調反転がほとんど感じられない良好な表示特性を得ることができ、上下左右 50 度くらいの視野角の範囲で使用可能であった。

【0053】

次に、本発明の第 2 の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0054】

本実施形態のアクティブマトリクス液晶表示パネルは、第 1 の実施形態とほとんど同じ構成および製造方法であるが、両配向膜 27、28 の配向方向と、液晶分子のダイレクタと基板面とのなす角度とが、第 1 の実施形態と異なっている。

【0055】

図 7 は、液晶分子のダイレクタの方向 29 および光学補償層 30 の屈折率異方軸の方向 31 を示すために、液晶表示パネルを偏光子の偏光軸と基板法線とを含む平面で切断した断面図である。ここで、信号線 1、走査線 14、島状非晶質シ

リコン13、画素電極3、対向電極2、偏光子の偏光方向18、検光子の偏光方向16等の構成は、第1の実施の形態（図1～3参照）と同じである。

【0056】

両配向膜27、28は、いずれも同一方向（図2の方向15と同じ方向）に配向処理（ラビング）してある。そして、液晶分子のダイレクタの向き29は液晶層32内で変化している。全ての液晶分子のダイレクタの基板面への投影は同一方向で、偏光子の偏光方向18に平行であるが、液晶分子のダイレクタ29と基板面とのなす角度は、入射側基板界面と出射側基板界面とで異なる。この角度をそれぞれ θ_1 、 θ_2 とすると、両界面の間でダイレクタの基板面とのなす角 θ_{LC} は連続的に変化し、ひずみエネルギーが極小化するように分布している。

【0057】

カラーフィルター基板Cの外側に貼付されたプラスチック製フィルムからなる光学補償層30は、負の一軸屈折率異方性を有するもので、屈折率異方軸の方向31は、その基板面への投影が偏光子の偏光軸18および液晶分子のダイレクタ29の基板面への投影と平行となるようにしてある。また、光学補償層の異方軸31と基板面とのなす角 θ_F は層内部で均一で、 $\theta_2 < \theta_F < \theta_1$ であり、本実施形態では0.45度である。なお、仮に $\theta_1 < \theta_2$ である場合は $\theta_1 < \theta_F < \theta_2$ とする。液晶材料およびセル厚は第1の実施形態と同じであり、光学補償層の屈折率異方性 Δn_F と層厚 d_F との積 $\Delta n_F \cdot d_F$ は、液晶層32の屈折率異方性と層厚の積に等しく、本実施形態では302nmである。

【0058】

この液晶表示パネルの外側に貼付された2枚の偏光板のうち、偏光子10の偏光軸18はラビング方向15に平行であり、検光子4の偏光軸はこれに垂直な方向である（図2参照）。

【0059】

本実施形態の場合、液晶層中の光学主軸が厚み方向で変化するのでそれほど簡単ではないが、シミュレーションや実験により最適な θ_F を定めることができる。簡便には、 $\theta_F = (\theta_1 + \theta_2) / 2$ とすることができます。この θ_F の最適値を用いると、黒表示時の液晶層32のリターデーションと光学補償層30のリターデ

ーションとはかなり良くキャンセルし、クロスニコルとほぼ同程度まで、黒表示中の白浮きを抑制することができる。

【0060】

以上のようにして作成したアクティブマトリクス液晶表示パネルは、第1の実施例の場合と同様、非常に広い視角特性を有していた。

【0061】

なお、良好な黒表示を得るため、液晶分子のダイレクタの基板面への投影は、常に片側の偏光板の偏光軸にほぼ一致させてある。そして、光学補償層30の屈折率異方軸の基板面への投影も、同じ方向にしてある。さらに光学補償層の屈折率異方軸と基板面とのなす角度 θ_F は、 θ_1 と θ_2 の間のしかるべき位置に設定することで、効率よく白浮きを抑えることが可能である。

【0062】

次に、本発明の第3の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0063】

本実施形態のアクティブマトリクス液晶表示パネルは、第2の実施形態とほとんど同じ構成および製造方法であるが、光学補償層33と基板面とのなす角度とが第2の実施形態とは異なっている。

【0064】

図8は、液晶分子のダイレクタの方向34および光学補償層33の屈折率異方軸の方向35を示すために、液晶表示パネルを偏光子10の偏光軸と基板法線とを含む平面で切断した断面図である。ここで、信号線1、走査線14、島状非晶質シリコン13、画素電極3、対向電極2、偏光子の偏光方向18、検光子の偏光方向16等の構成は、第1の実施の形態（図1～3参照）と同じである。

【0065】

第2の実施形態と同様に、両配向膜27、28は、いずれも同一方向（図2の方向15と同じ方向）に配向処理（ラビング）してある。そして、液晶分子のダイレクタ34の方向は液晶層36内で変化している。全ての液晶分子のダイレクタの基板面への投影は同一方向で、偏光子10の偏光方向18に平行であるが、液晶分子のダイレクタと基板面とのなす角度は、入射側基板界面と出射側基板界

面とで異なる。この角度をそれぞれ θ_1 、 θ_2 とすると、両界面の間でダイレクタが基板面となす角 $\theta_{LC}(z)$ は連続的に変化し、ひずみエネルギーが極小化するように分布している。

【0066】

両基板を挟むように貼付されている2枚の偏光板のうち、入射側（偏光子）10の偏光軸はラビング方向15（図2参照）に平行で、出射側（検光子）4の偏光軸はそれに垂直な方向とした。

【0067】

光学補償層33は、負の一軸屈折率異方性を有するもので、屈折率異方軸の基板面への投影が、常に偏光子の偏光軸18および液晶分子のダイレクタの基板面への投影と平行となるようにしてある。そして、図8に示すように、光学補償層の屈折率異方軸35と基板面とのなす角が層内部で変化しており、この角は深さ方向の座標 ξ の関数 $\theta_F(\xi)$ となっている。 $\theta_{LC}(z)$ と $\theta_F(\xi)$ とは次の関係が成立するようにした。

【0068】

$$\theta_F(\xi) = \theta_{LC}(z)$$

$$\xi = z \cdot d_F / d_{LC}$$

d_F は光学補償層の厚さ、 d_{LC} は液晶層の厚さ、 $\theta_{LC}(z)$ は液晶層36中の深さ z の位置にある液晶分子のダイレクタの基板面とのなす角である。

【0069】

$\theta_{LC}(z)$ は次の式に従って分布している。

【0070】

【数3】

$$\theta_{LC}(z) = \theta_1 - \theta_2 \cdot \frac{z}{d_{LC}} + \theta_2$$

この関係を満たすように、光学補償層の屈折率異方軸の方向を変化させると、各々対応するスラブ面が補償しあうので効率がよい。

【0071】

なお、液晶材料およびセル厚は第1の実施形態と同じであり、光学補償層の屈折率異方性 Δn_F と層厚 d_F との積 $\Delta n_F \cdot d_F$ は、液晶層の屈折率異方性と層厚の積に等しく、本実施形態では 302 nm である。

【0072】

本実施の形態の場合、液晶層中の光学主軸が厚み方向 z で変化するので、これに対応させて θ_F (ξ)を変化させることで、第2の実施の形態に比して、さらに良好な黒表示の視角特性を得ることができる。

【0073】

以上、3つの実施形態では、光学補償層が、検光子4とガラス基板6との間に設けてあるが、図9のように、光学補償層37が偏光子10とガラス基板6との間に挟まれる構成とすることも可能である。この場合、光学補償層37の屈折率異方軸の向きなどの構成は前記3つの実施形態のいずれかと同様にすると、ほとんど同様の効果を得ることができる。

【0074】

また、図10のように、検光子4とガラス基板6との間および偏光子10とガラス基板6との間の両方に、光学補償層38、39が設けられる構成とすることもできる。両者の異方軸の向きは平行にし、両光学補償層の Δn と d との積の和を、液晶層7の $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ に等しくすることにより、ほぼ完全な補償を得ることができる。

【0075】

また、以上説明した実施形態では偏光子の偏光軸と液晶分子のダイレクタの基板面への投影とを平行にした例を示しているが、検光子の偏光軸と液晶ダイレクタの基板面への投影とを平行にし、偏光子の偏光軸をこれと垂直にしても同等な効果が得られる。

【0076】

【発明の効果】

以上説明した通り、本発明は、アクティブマトリクス液晶表示パネルにおいて、負の一軸屈折率異方性を有する光学補償層を設けることにより、液晶層中で発生するリターデーションをキャンセルして黒表示部の白浮きを抑制することがで

き、階調反転が顕著に抑制され、より広い視野角で良好な画像特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態のアクティブマトリクス液晶表示パネルの断面図である。

【図 2】

第 1 の実施形態のアクティブマトリクス基板の平面図である。

【図 3】

本発明の第 1 の実施形態における偏光軸、液晶ダイレクタ、光学補償層の屈折率異方軸の関係を示す説明図である。

【図 4】

第 1 の実施形態の電圧無印加時または低電圧印加時における天頂角と透過率との関係図である。

【図 5】

第 1 の実施形態の高電圧印加時における天頂角と透過率との関係図である。

【図 6】

従来の IPS 方式のアクティブマトリクス液晶表示パネルの高電圧印加時における天頂角と透過率との関係図である。

【図 7】

第 2 の実施形態のアクティブマトリクス液晶表示パネルの断面図である。

【図 8】

第 3 の実施形態のアクティブマトリクス液晶表示パネルの断面図である。

【図 9】

第 4 の実施形態のアクティブマトリクス液晶表示パネルの断面図である。

【図 10】

第 5 の実施形態のアクティブマトリクス液晶表示パネルの断面図である。

【図 11】

従来の IPS 方式のアクティブマトリクス液晶表示パネルの構成および偏光軸

や電界の方向の関係を示す説明図である。

【図12】

従来のTN方式のアクティブマトリクス液晶表示パネルにおける電圧と透過率の関係図である。

【図13】

従来のIPS方式のアクティブマトリクス液晶表示パネルの偏光軸および光線の方向や方位角および天頂角を示す説明図である。

【図14】

従来のIPS方式のアクティブマトリクス液晶表示パネルの様々なプレティルト角における電圧無印加時の天頂角と透過率との関係図である。

【図15】

プレティルト角3度の従来のIPS方式のアクティブマトリクス液晶表示パネルの電圧無印加時または低電圧印加時における天頂角と透過率との関係図である。

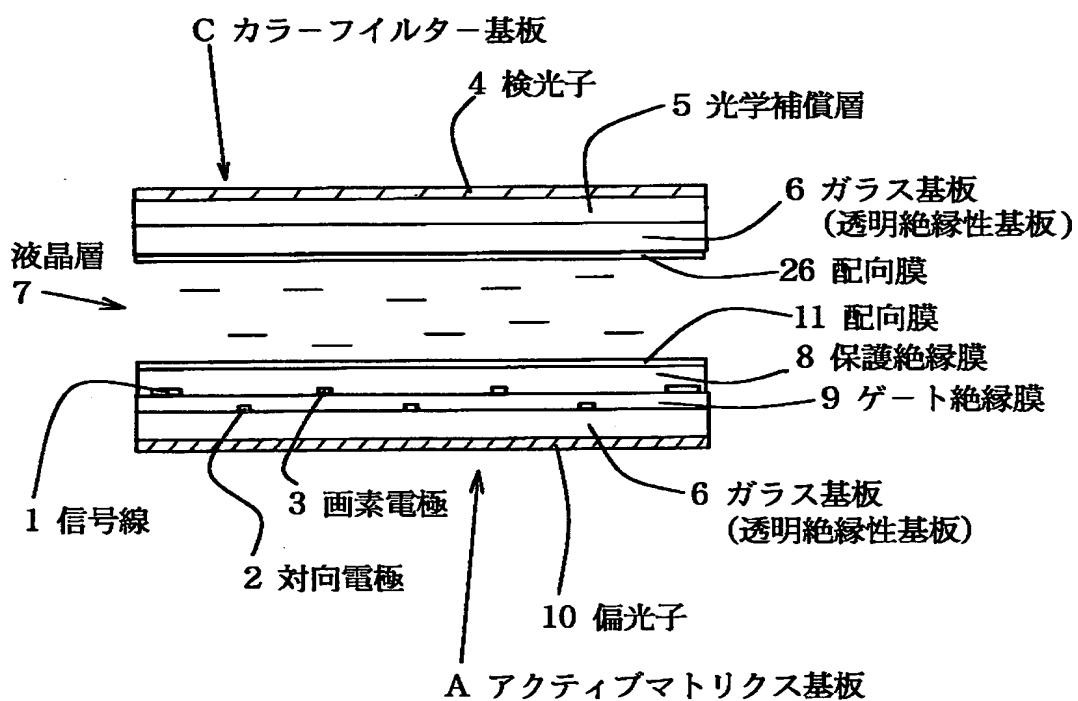
【符号の説明】

- 1 信号線
- 2 対向電極
- 3 画素電極
- 4 検光子（出射側偏光板）
- 5、30、33、37、38、39 光学補償層
- 6 ガラス基板（透明絶縁性基板）
- 7、32、36 液晶層
- 8 保護絶縁膜
- 9 ゲート絶縁膜
- 10 偏光子（入射側偏光板）
- 11、26、27、28 配向膜
- 12 対向電極バスライン
- 13 島状非晶質シリコン
- 14 走査線

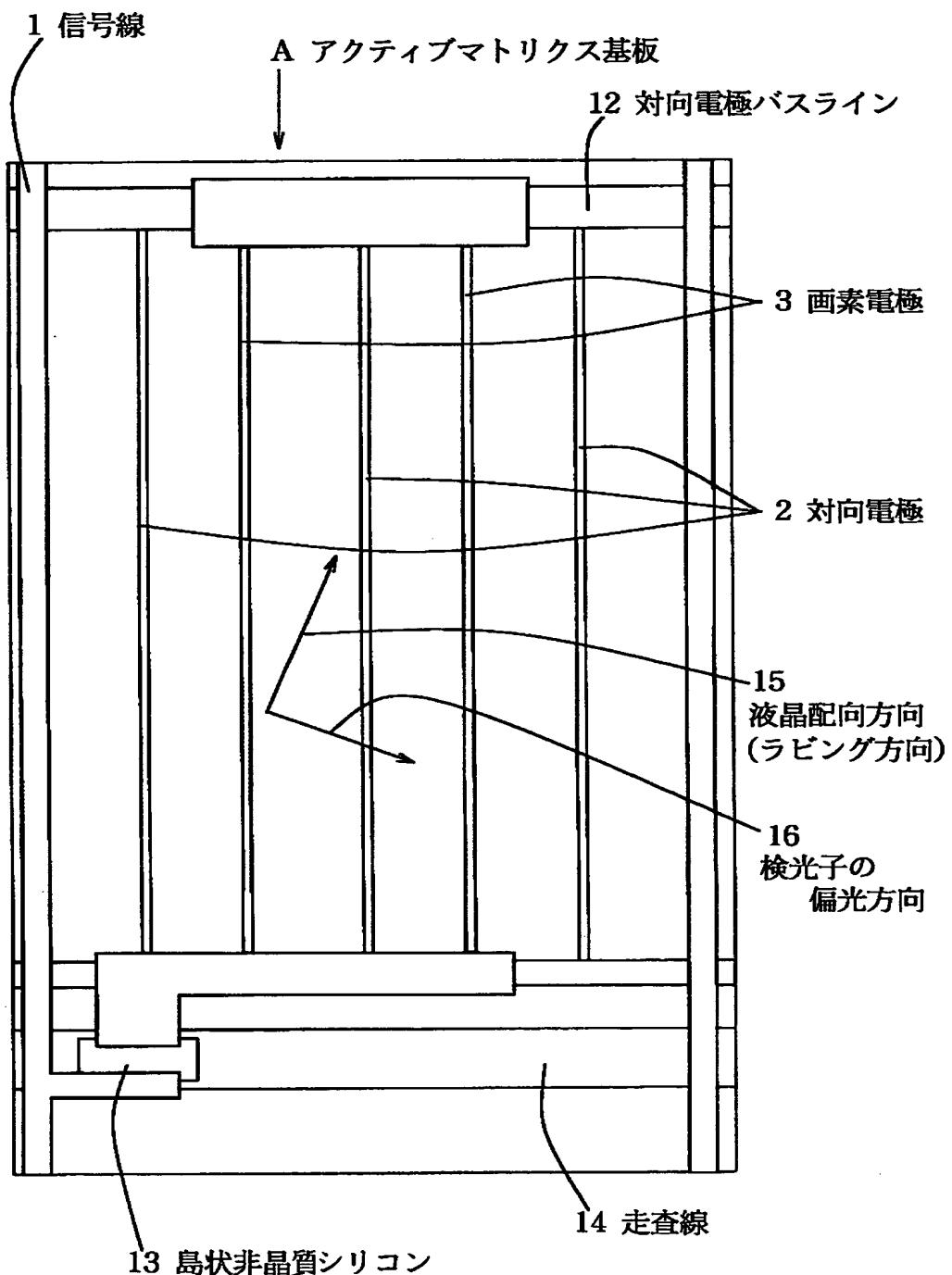
- 1 5 液晶配向方向（ラビング方向）
 1 6 検光子の偏光方向
 1 7、3 1、3 5 屈折率異方軸の方向
 1 8 偏光子の偏光方向
 1 9 基板法線
 2 0 電極の長手方向
 2 1、2 9、3 4 液晶分子のダイレクタの方向
 2 2 電界の方向
 2 3 基板面
 2 4 光線の方向
 2 5 天頂角
 2 6 配向膜
 A アクティブマトリクス基板
 C カラーフィルター基板
 e_1 偏光子の偏光軸方向の単位ベクトル
 e_2 検光子の偏光軸方向の単位ベクトル
 e_3 基板法線方向の単位ベクトル
 k 光線の進行方向の単位ベクトル
 α 天頂角
 ϕ 方位角
 θ_1 、 θ_2 基板界面における液晶分子のダイレクタと基板面のなす角
 θ_F 、 $\theta_F(\xi)$ 光学補償層の異方軸と基板面のなす角
 θ_{LC} 、 $\theta_{LC}(z)$ 液晶層内における液晶分子のダイレクタと基板面のなす角

【書類名】 図面

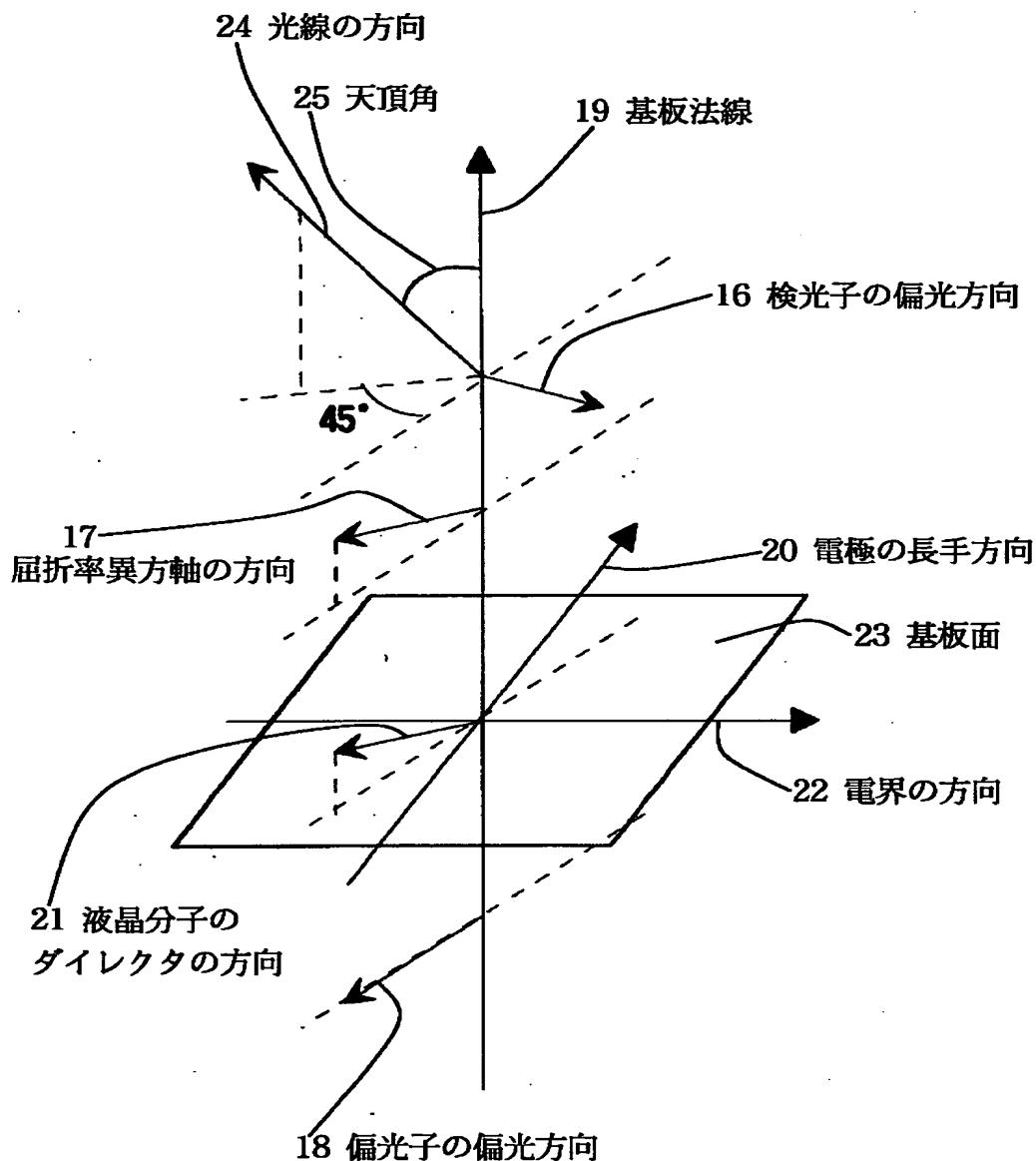
【図 1】



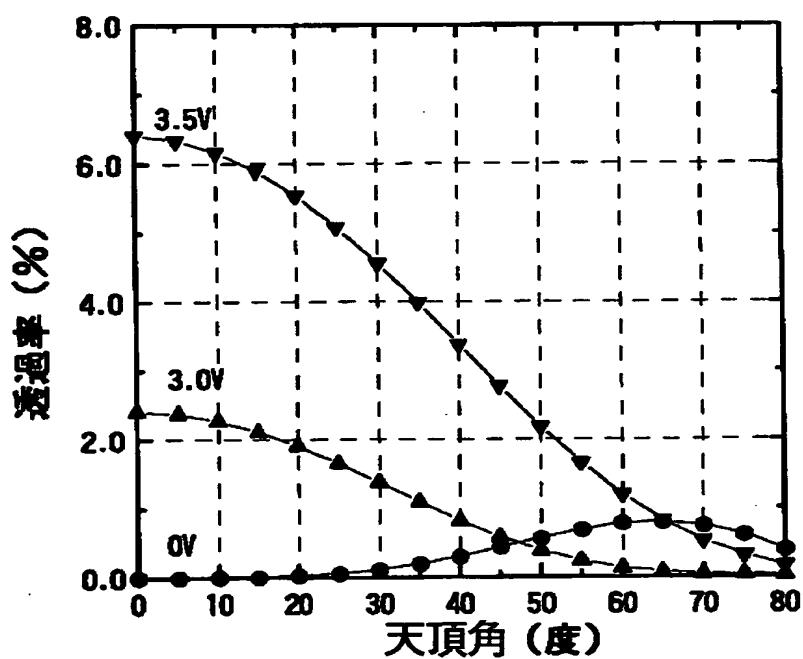
【図2】



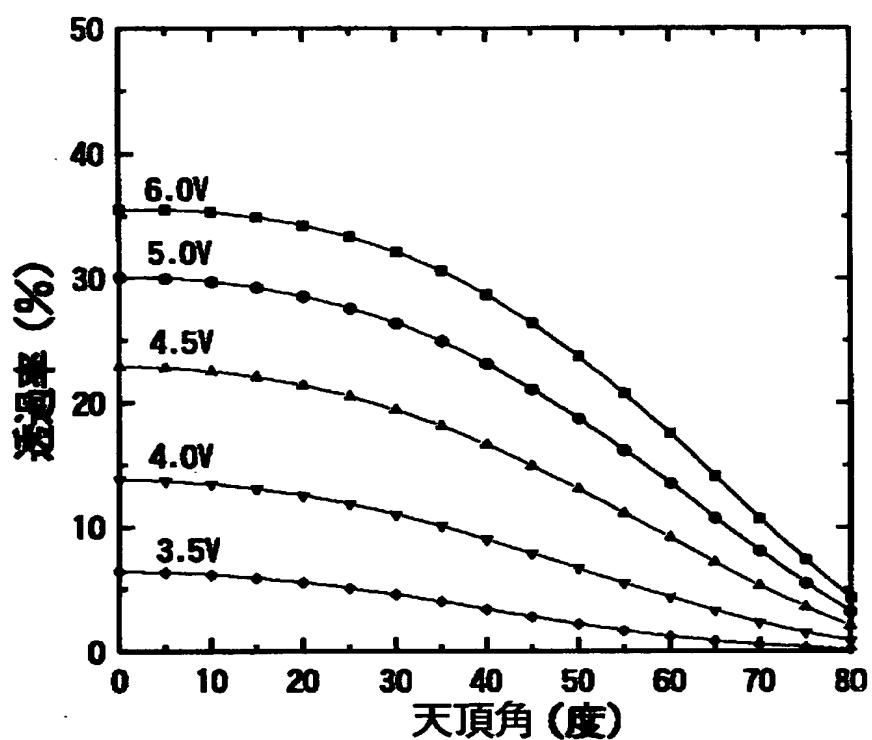
【図3】



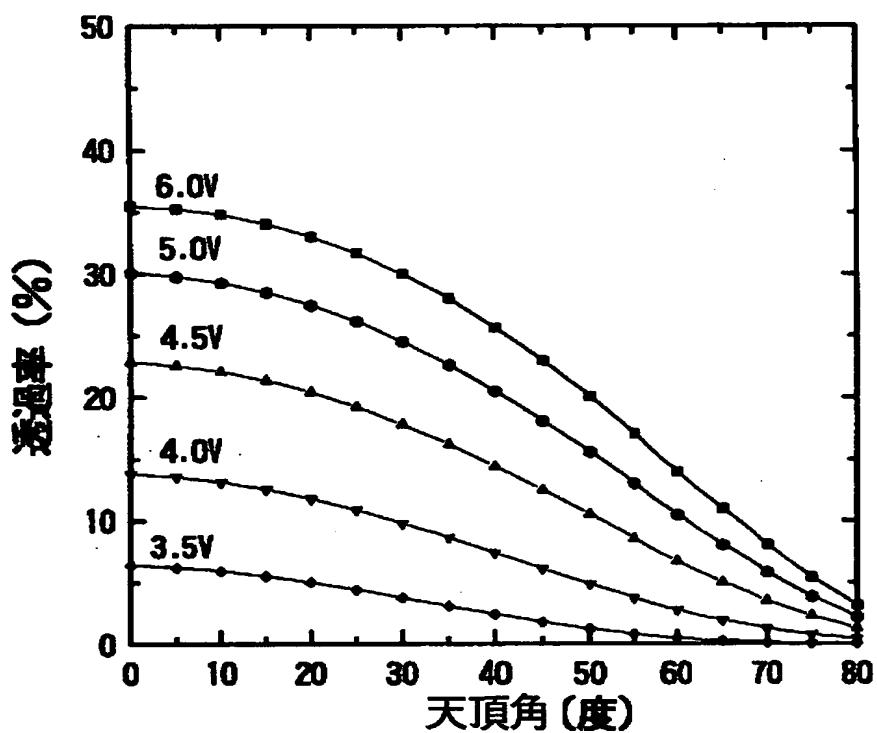
【図4】



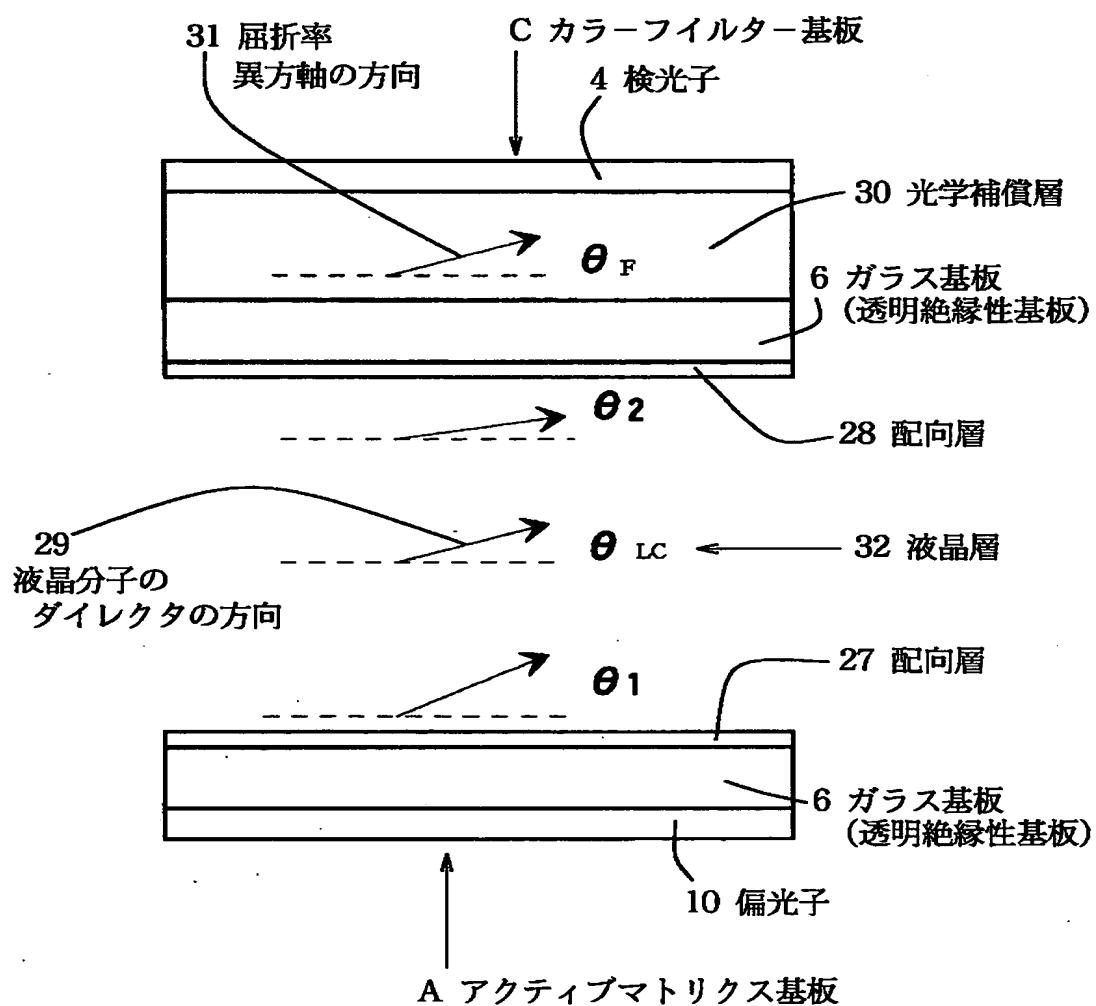
【図5】



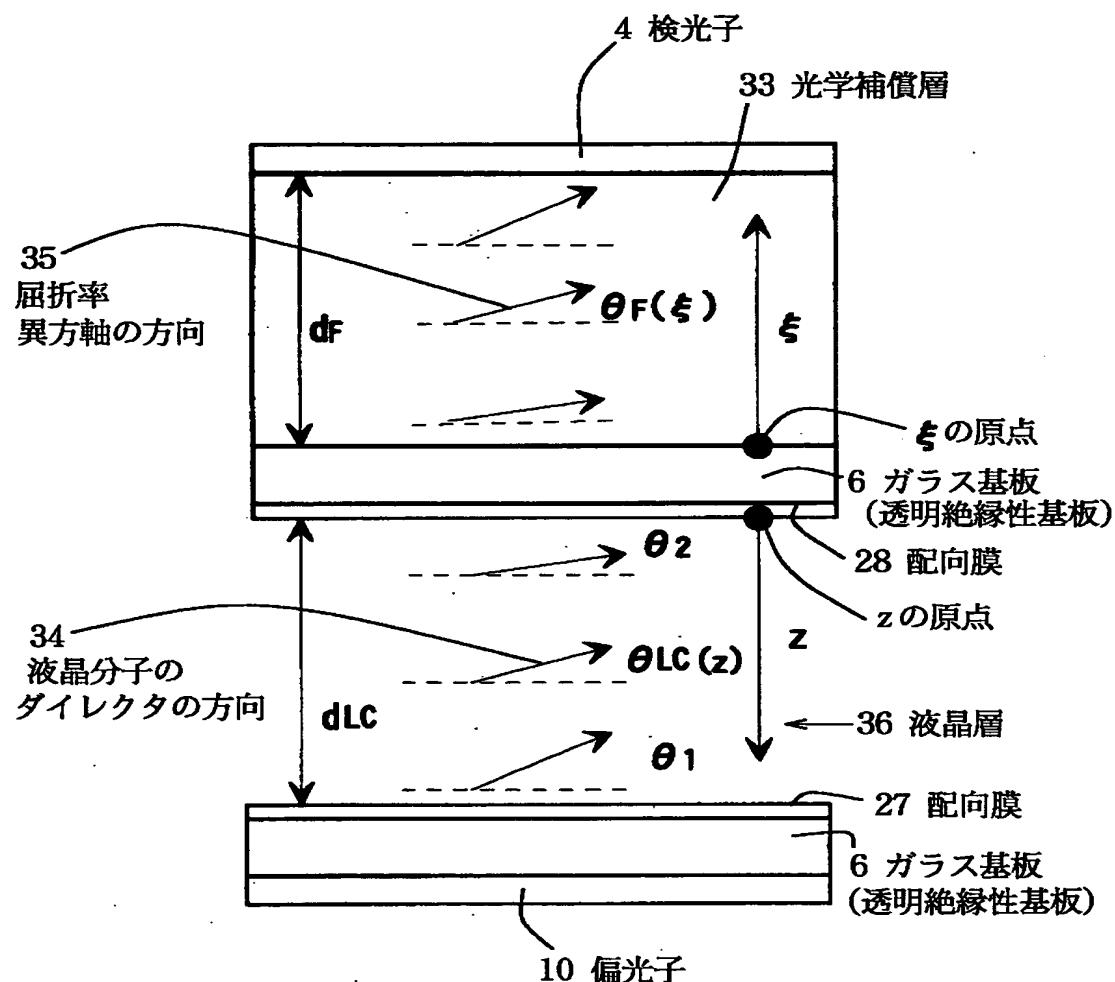
【図 6】



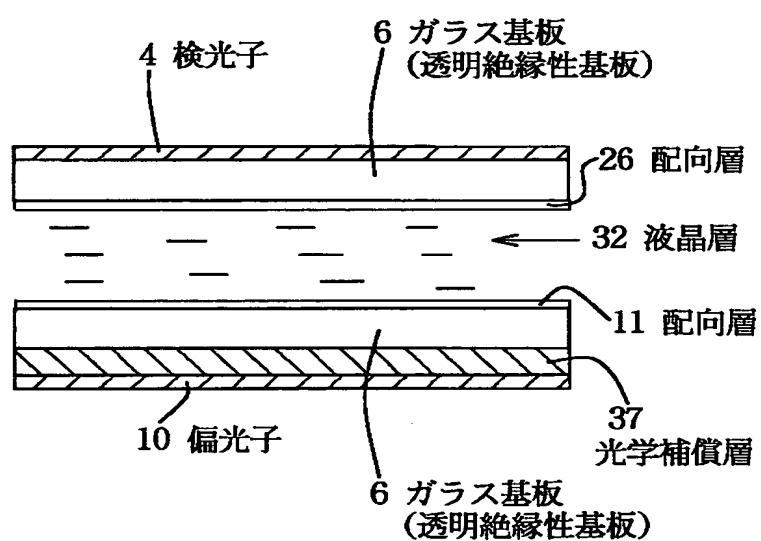
【図7】



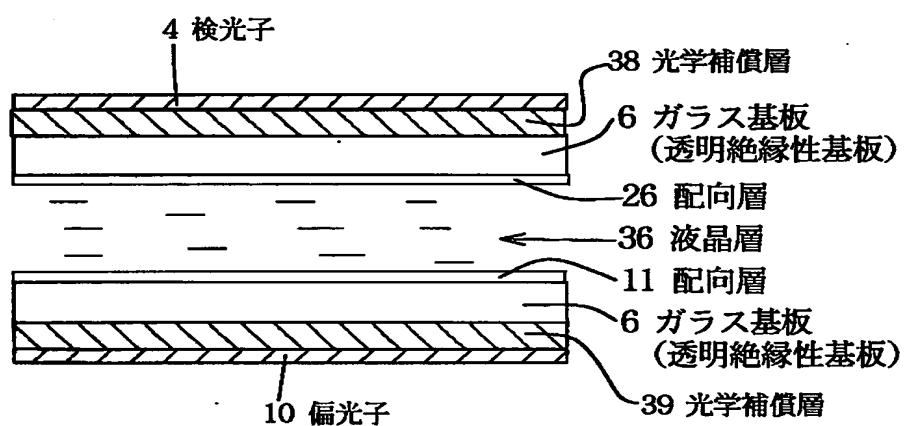
【図8】



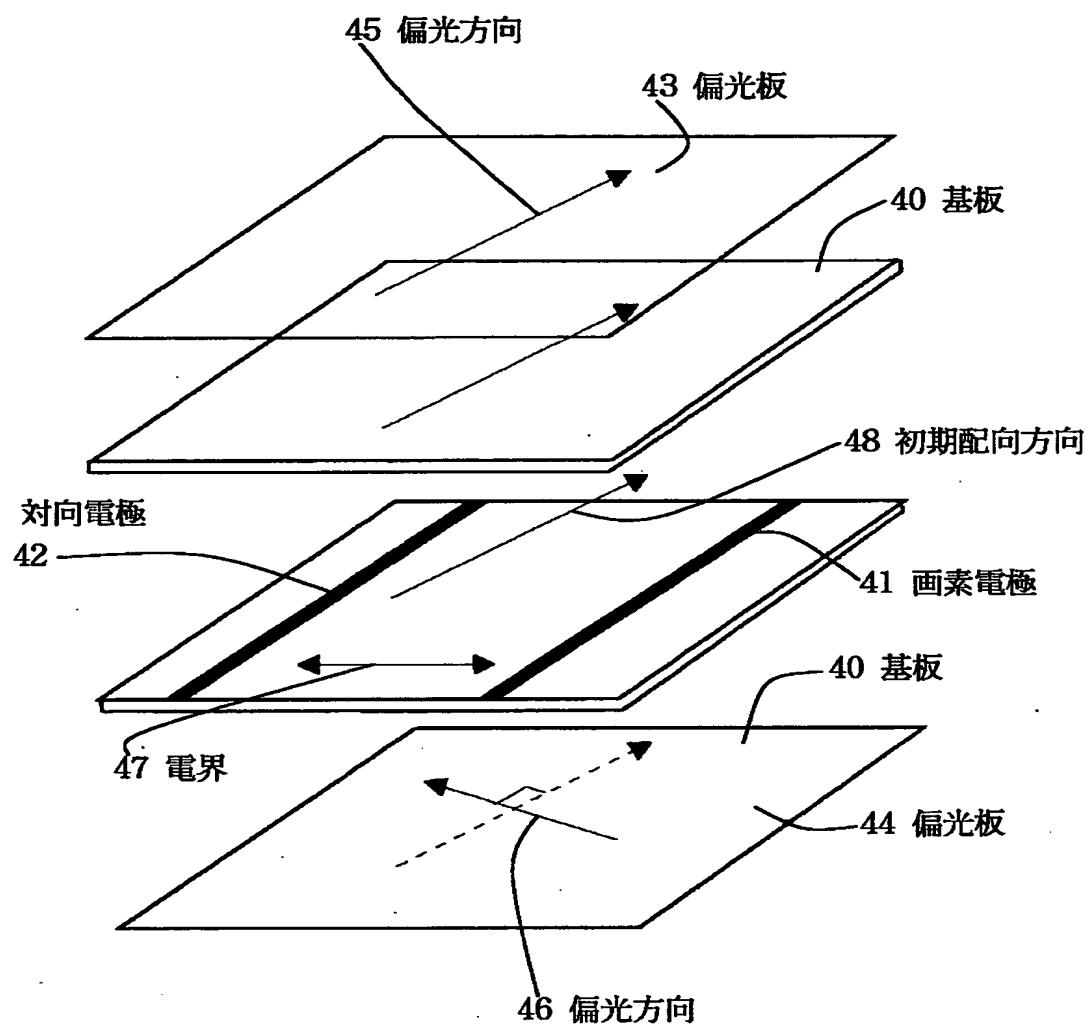
【図9】



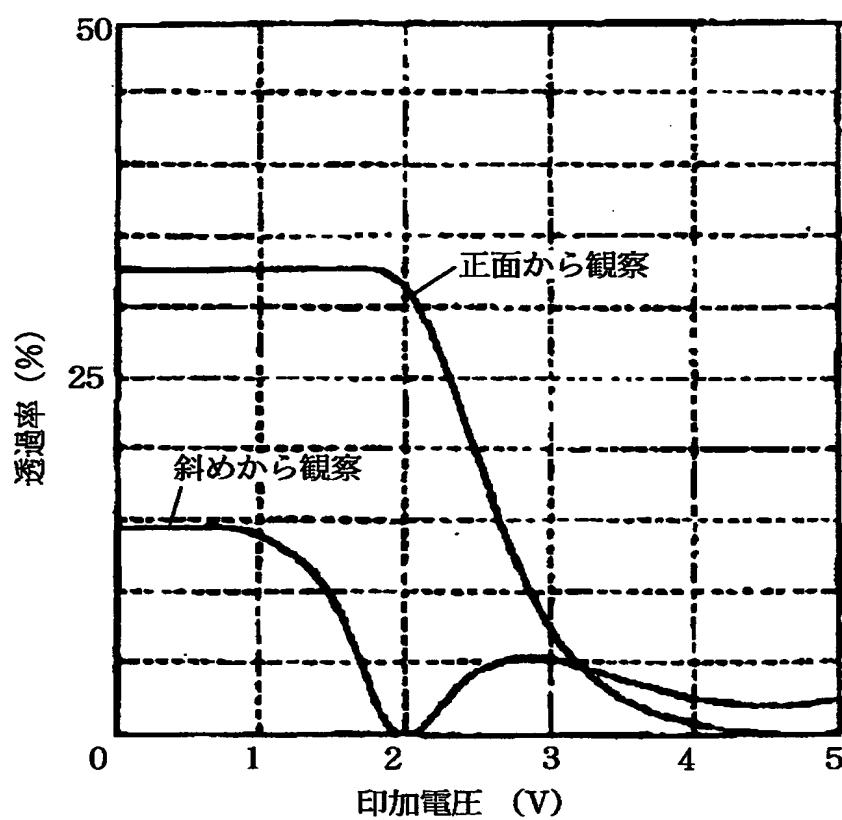
【図10】



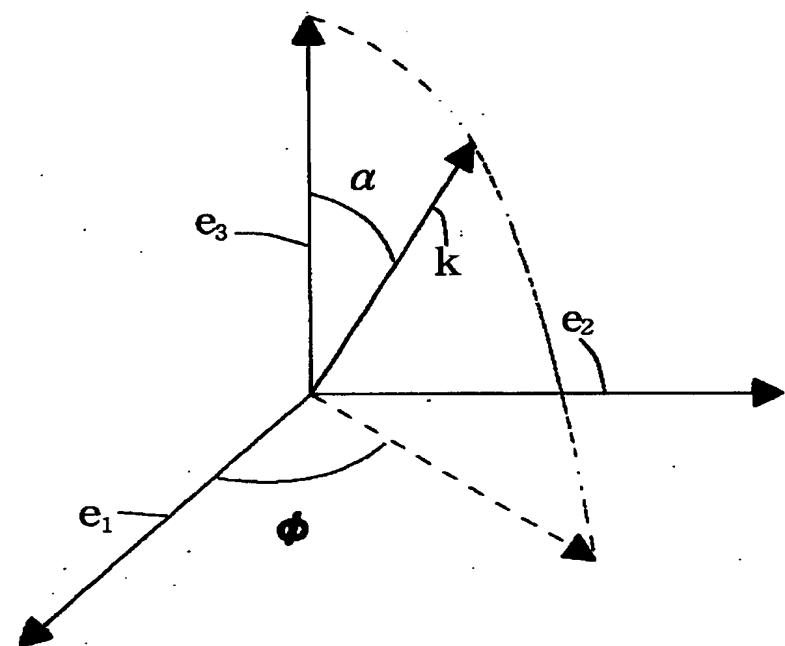
【図11】



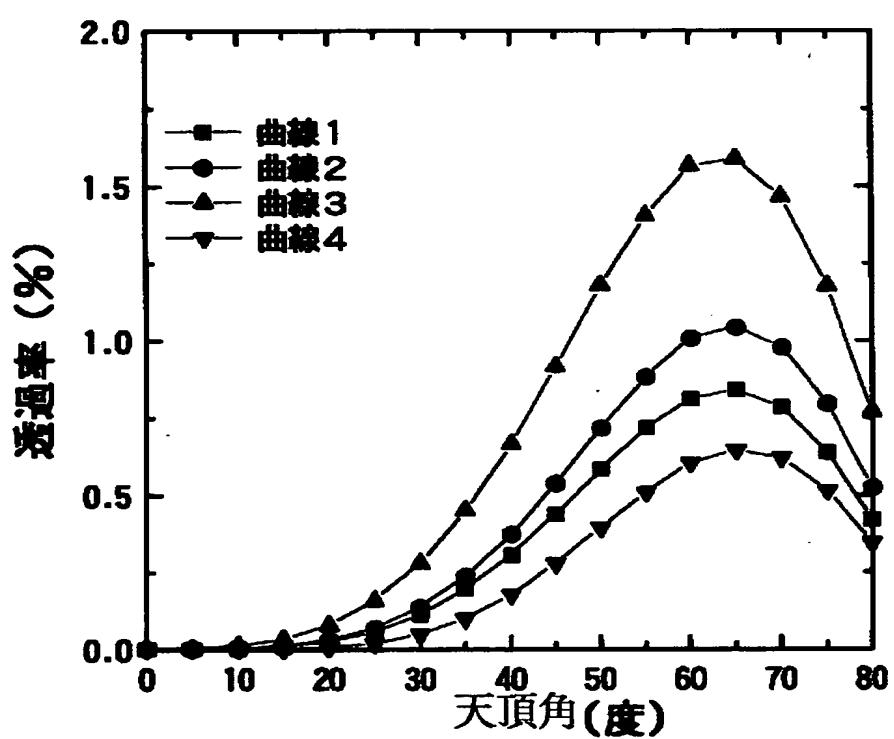
【図12】



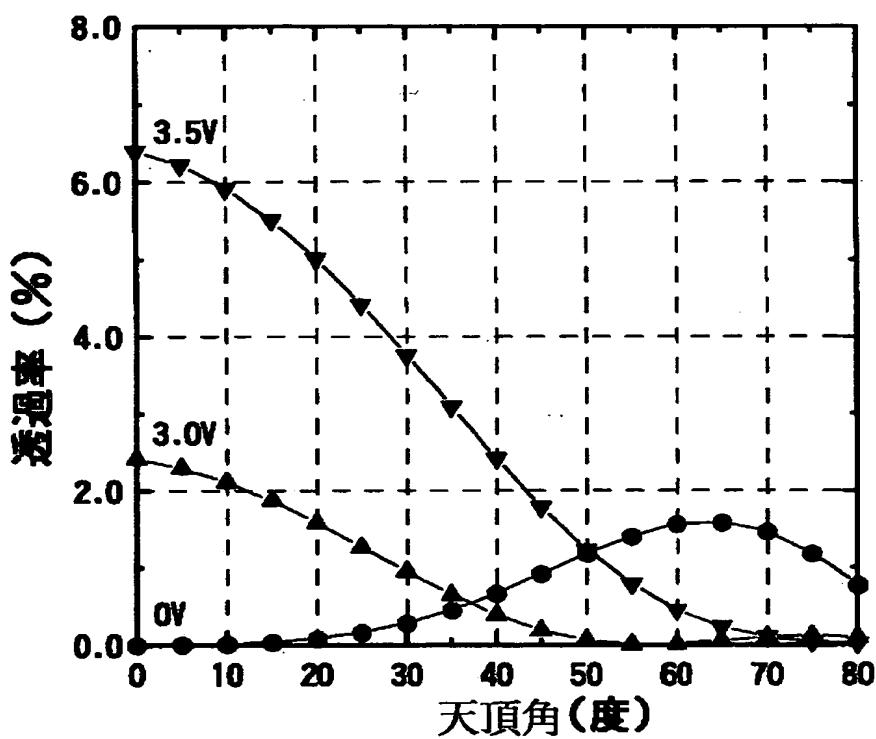
【図13】



【図14】



【図15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 アクティブマトリクス液晶表示パネルにおいて、広い視角範囲内で階調反転を起こさず良好な表示特性を得る。

【解決手段】 アクティブマトリクス基板Aは、透明ガラス基板6上に、複数の対向電極2と、これと平行な複数の画素電極3と、薄膜トランジスタと、配向膜11とが形成してある。カラーフィルター基板Cは、透明ガラス基板6の片面に配向膜26が、他面にプラスチック製フィルムからなる光学補償層5が設けてある。両基板は配向膜同士が対向するように配置され、両基板の外側に偏光板4、11が配設され、配向膜11間には正の屈折率異方性を有する液晶層7が設けてある。光学補償層5は負の一軸屈折率異方性を有し、液晶層7中で発生するリターデーションをキャンセルして黒表示部の白浮きを抑制することができる。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000004237
【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号
【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100070219
【住所又は居所】 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル
8階 若林国際特許事務所
【氏名又は名称】 若林 忠

出願人履歴情報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区芝五丁目7番1号

氏 名 日本電気株式会社